

# Aquilion ONE/ViSION Edition を用いた 心筋 Perfusion CT

真鍋 徳子 北海道大学病院放射線診断科

当院は、2012年にAquilion ONE/ViSION Edition (以下、ViSION Edition) を導入し、さまざまなシーンで活用してきた。なかでも心筋パーフュージョンCTは、ViSION Editionの320列面検出器、1回転0.275秒の高速撮影といったスペックを最大限に生かせる領域ではないかと感じている。本講演では、ViSION Editionを用いた心筋パーフュージョンについて報告する。

## 心筋の虚血評価

心臓の血管には、通常CTAで見ている導管と呼ばれる心筋の表面を走っている冠動脈と、心筋の中を走行している微小循環系の2種類がある。冠動脈に狭窄部があっても、安静時は、微小循環系が開いた状態で血流が維持されるため、“狭窄イコール虚血ではない”とされる状態となる。そこで、血管拡張薬を投与して負荷をかけると、正常部では微小循環系は大きく拡張するが、狭窄部ではすでに微小循環系が安静時より拡張した状態であるため、それ以上には拡張できずに虚血を起こすという機序がある。

日本循環器学会の『冠動脈病変の非侵襲的診断法に関するガイドライン』に示される安定狭心症のディシジョンツリーでは、冠動脈CTで病変がある(異常)、または判定が困難な場合には、虚血の評価として、負荷SPECT、負荷心エコー、パーフュージョンMRIが推奨されている。このうち、当院にて、MRIによる虚血評価を行った例を紹介する。

心筋梗塞の既往のある70歳の男性で、新たに狭心痛が出たために、虚血評価として負荷SPECTが実施された。その結果、陳旧性の梗塞は認められたが、虚血はないとの診断であったため、さらにMRIでの評価を行った。遅延造影では、下壁に貫壁性の梗塞が認められ、負荷

パーフュージョンでは、貫壁性の梗塞の部位とは異なる前下行枝および回旋枝領域に血流低下が認められ、虚血の存在が疑われた。この例では、最終的にカテーテル検査が行われ、陳旧性梗塞が認められた右冠動脈の閉塞に加え、新たに左冠動脈前下行枝と回旋枝に高度狭窄病変が証明された。

## 心筋血流の定量化 ——心筋パーフュージョンCTの可能性

心筋血流量における各種検査の定量化を比較した検討では、心筋血流量は速度定数K1をextraction fractionで除したもので表され、PETでは主にO-15 water, N-13 ammonia, C-11 acetate, Rb-82, MRIではGd-DTPAでの評価がされている。その結果、<sup>15</sup>O-H<sub>2</sub>O PETが、extraction fraction = 1と、100%拡散することが示されたことから、現在は<sup>15</sup>O-H<sub>2</sub>O PETが、高血流域でも追従性の良い、最も理想的な検査であると考えられている。

そこで当院では、<sup>15</sup>O-H<sub>2</sub>O PETを定量化するソフトウェアを開発してきたが、同様に、ダイナミックパーフュージョンMRIデータを用いて、<sup>15</sup>O-H<sub>2</sub>O PETでvalidationを行うことで、心筋MRIパーフュージョンの定量化にも取り組んできた。ただし、パーフュージョンMRI検査では、心筋全体をカバーしたボリュームデータではなく、3、4枚の断面像しか取得できないという限界があった。

これに対し、CTによるパーフュージョン検査は、1回の検査で冠動脈の形態的重症度と機能的重症度の両方を評価でき、ボリュームデータを活用して、責任血管と虚血領域の関係をより明瞭にすることが可能となる。さらに、核医学検査とCTAを別々に撮像しパーフュージョン

した画像で評価していた虚血検査が、一度の検査ですむことでトータルの被ばく線量の低減が期待できる。

## 心臓領域における320列CTの優位性と当院での検査の実際

心臓領域において、320列CTは大きなアドバンテージを持つ。Z軸方向の撮影範囲は、64列の32mmに対し、320列では160mmと広がり、心臓全体を1回転でカバーできることが最大の長である。特にViSION Editionでは、0.275秒/回転まで高速化したことで、撮影時間が短縮し、64列CTで問題となっていたアーチファクトの低減が可能となった。さらに、オーバーラップ撮影がないため被ばくを低減することもできる。

1回転で160mmの範囲を撮影するワイドダイナミックボリュームスキャンを使用した心筋パーフュージョンCTについて紹介する。

心筋の血流定量化には、造影剤を急速静注して得られる左室内腔、および心筋の時間濃度曲線(time density curve)を用いる。評価法としては、ある一時相のみの撮影データを基に得られるsnapshot perfusionによる定性評価や、maximum upslope法による半定量評価法もあるが、正確に定量化するためには、造影剤が到達してから出て行くまでの全体を撮影するダイナミック負荷パーフュージョンが必要である。

当院における包括的心臓CTプロトコールでは、ポジショニング後、カルシウムスコアを撮影し、その後、5分以内に薬剤による負荷パーフュージョンを実施する(図1)。心拍が落ち着いた時点で安静時パーフュージョンを実施し、この際にブーストで一時的に線量を上げCTAを同時に得ている(図2)。肺動脈にROIを設定した、ボラストラッキング

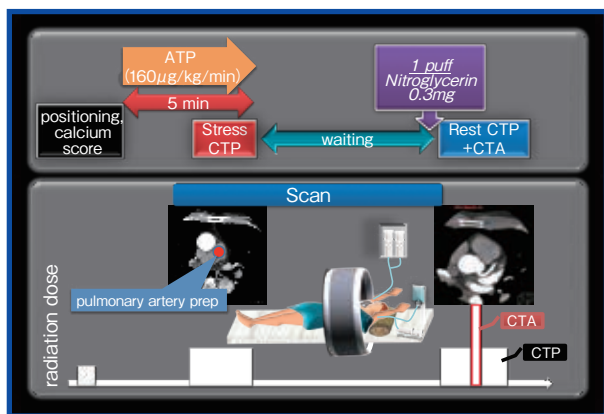


図1 当院における包括的心臓CTプロトコール

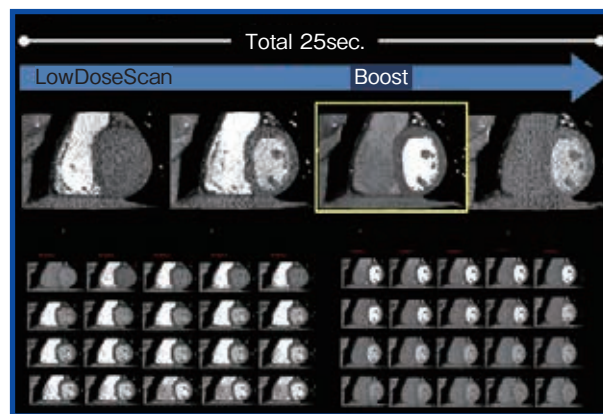


図2 CTAを同時に取得するダイナミック負荷パーフュージョン

グ法にて撮影している。

画像再構成に“AIDR 3D”を用いることで、できるだけ被ばく線量を抑えた撮影を実施している。撮影パラメータは、パーフュージョンでは負荷時と安静時ともに80kV, 120mAに設定して低被ばく撮影を行い、安静時のCTA撮影時のみ、ブーストで800mAに設定している。そして、負荷時・安静時ともに、25秒間のダイナミック撮影を実施する。心拍が60bpm程度であれば、総被ばく線量は13.75mSvほどに抑えることができる。核医学+CTA検査では、最低でも15mSv程度の被ばくとなることを考えると、当院のプロトコールにより総線量の低減が可能であると言える。

ダイナミックボリュームスキャンは、心電図同期によりR波をトリガーとして1心拍ごとに70～80%の心位相、つまり拡張期のみをねらって撮影する間歇撮影で、被ばく線量の低減を重視した方法である。ViSION Editionでは、位置決め画像で肺動脈の位置にROIを設定すると、自動で撮影を開始するようになっており、診療放射線技師の負担も軽減される。撮影画像はすぐに表示されるため、ROIを左室内腔に設定し、造影剤が入ってきてから出て行くまでの様子を、リアルタイムに観察しながら撮影することができる。安静時のブーストCTA撮影では、ノイズの少ない画像を約1mSvの低被ばくで同時に得ることが可能である。

得られたデータから、左室短軸像を再構成し、シネ画像を観察すると、造影剤が右室から左室、冠動脈へと入り、

心筋が染まっていく様子を見ることが出来る。従来、問題とされていた下壁のビームハードニングやバンドニングアーチファクトのない、左室全体の均一な造影効果を観察できる。

### 320列CTによる心筋血流の定量化

MRIと同様に、Renkin-Crone modelを用いて、 $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  PETの定量化データを基に、ViSION Editionによる心筋血流の定量化を行った。CT画像の左室内腔と心筋全体にROIを設定して得た時間造影曲線から算出した速度定数K1を用いた(図3)。

健常者12名のCTデータから得られたデータをプロットし、 $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  PETの定量化データとともに、CTパーフュージョンの解析モデルを確立した。

そして、このデータを基に、別の患者13名をvalidationグループとして、定量化モデルが $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  PETとどの程度相関するかを計算した。その結果、 $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  PETとCTから得られた心筋血流量は、相関係数0.94と非常に高い相関を示した。これを報告したECR2013では、モデレーターセッションに選出され、320列CTによる心筋血流量定量化が世界的にも注目されていることがうかがえる。

CTにて心筋血流量定量化を行った症例を紹介する。CTAのMIP像でLAD #6に90%の高度狭窄が認められた症例で、

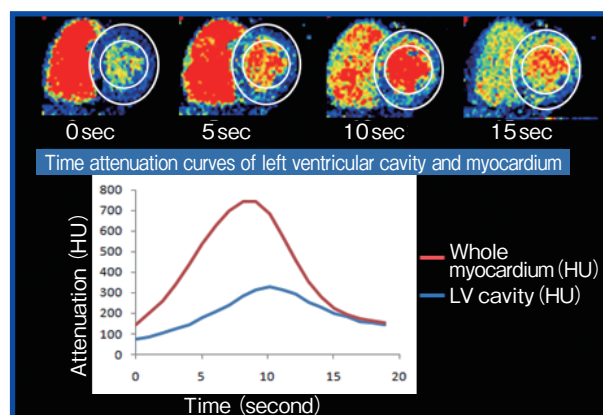


図3 CTパーフュージョンの時間造影曲線

負荷心筋パーフュージョンを行ったところ、心尖部寄りの前壁から前壁中隔に造影低下域が良好に描出された。CTAで認めた狭窄に相對した病変と考えられる。

そして、安静時と負荷時の心筋血流量比であるCoronary Flow Reserve (CFR:冠血流量予備能)を測定したところ、PETで得られたCFR 2.09に対し、CTでは1.98と非常に近い値となり、CTによる心筋血流量定量の信頼性が示された。

#### まとめ

ViSION Editionを用いた心筋パーフュージョンは、心筋血流量定量のゴールドスタンダードである $^{15}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  PETと非常に強い相関が得られ、患者群でも虚血領域が明瞭に描出された。低被ばくで、CTAを同時撮影可能な負荷CTパーフュージョン検査の可能性が期待できる。

真鍋 徳子  
Oyama-Manabe Noriko

1997年北海道大学医学部医学科卒業。2001年北海道大学大学院医学研究科高次診断治療学専攻入学、2005年修了。2004～2007年Harvard Medical School, Beth Israel Deaconess Medical Schoolに留学。2008年北海道大学病院放射線診断科助教、2011年より同講師。